

**Моделювання технології десертної продукції, виготовленої з використанням оклейстеризованого механічно зруйнованого крохмалю, на основі методу системного аналізу / Р. Е. Слободнюк, Д. Ю. Прасол // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 26 (999). – С.145-150. – Бібліогр.: 4 назв.**

Рассмотрены перспективы разработки новой десертной продукции на основе оклейстеризованного механически разрушенного крахмала. Обосновано применение кукурузного крахмала и молочного сырья как основных рецептурных компонентов. Приведена блок-схема технологического процесса производства десертной продукции на основе оклейстеризованного механически разрушенного крахмала. Обоснованы основные преимущества новой технологии.

**Ключевые слова:** десертная продукция, крахмал, загустители, гелеобразователи.

Perspectives of elaboration of new dessert products on the basis of gelatinized mechanically destroyed starch have been examined using corn starch and milk raw as the main recipe components has been motivated.

Block - sheme of technological process of dessert products' manufacturing on the basis of mechanically destroyed starch is presented. Main advantages of new product have been examined.

**Keywords:** dessert products, starch, stiffeners, gellings

## УДК 631.365

**Д. Д. КАЗАКОВ**, асистент СНАУ, Суми;

**О. Р. ЯКУБА**, д-р техн. наук, проф., СНАУ, Суми;

**С. М. САБАДАШ**, ст. викладач, СНАУ, Суми.

## ВПЛИВ ВХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ МОЛОКА

В роботі розглянуто вплив вхідних параметрів: витрат повітря, температури і число обертів мішалки на процес сушіння. Для визначення впливу вхідних параметрів був використаний метод статистичного планування експерименту. Із проведених дослідів було набагато збільшено продуктивність при наявності доступних факторів. В подальшому для інтенсифікації сушіння молока повинно підвищувати рух частин в шарі інертного матеріалу за рахунок руху повітря та других факторів.

**Ключові слова:** вхідні параметри, процес сушіння, витрати повітря, температура, число обертів мішалки.

**Вступ.** Багаточислені дослідження процесу сушіння молока були направлені на знаходження оптимальних умов при яких досягаються високі показники продуктивності при утриманні якісних показників продукту.

**Мета досліджень, постановка проблеми.** Метою роботи є визнання впливу вхідних параметрів: витрат повітря, температури і число обертів мішалки на процес сушіння. Для визначення впливу вхідних параметрів був використаний метод статистичного планування експерименту [1,2]. В якості сушильної камери використовували циліндроконічну камеру об'ємом 1,6 л. представлену на малюнку.

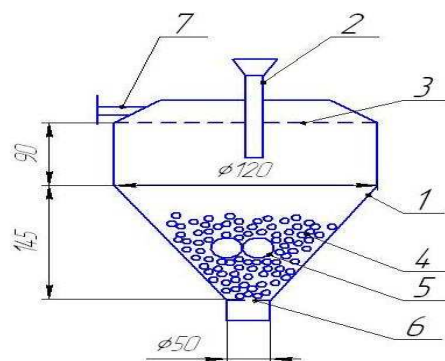


Рис.- Циліндрична камера: 1- циліндричноконічний корпус; 2- воронка для подачі молока; 3- відбійна решітка; 4- фторопластова крихта; 5- мішалка; 6- опорна решітка; 7- патрубок виходу повітря

**Матеріали досліджень.**

Кількість завантаженої крихти складала 50 г. і була встановлена у попередніх дослідженнях [3]. В таблиці 1 приведені рівні інтервали варіювання. Вони були також орієнтовано досліджені раніше [3]. В Якості параметра оптимізації була вибрана продуктивність сушарки на сухому молоці  $G$  (г/год) і позначена через  $Y$ .

© Д. Д. КАЗАКОВ, О. Р. ЯКУБА, С. М. САБАДАШ, 2013

Розглянуто вплив окремих параметрів на продуктивність сухого молока представлених в табл. 2. Продуктивність досягнута в двох експериментах відмічена через  $Y_1$  та  $Y_2$ , а середнє їх значення через  $\bar{Y}$ .

Таблиця 1 – Рівні інтервали варіювання

Найменування	Витрати повітря, м <sup>3</sup> /год	Температура сушіння, t°С	Число обертів мішалки об/хв	Продуктивність г/год
Нижній рівень	50	100	100	
Верхній рівень	100	120	200	
Базовий рівень	75	110	150	
Інтервал варіювання	25	10	50	
Кодове позначення	$X_1$ $Q$	$X_2$ $T$	$X_3$ $T$	$Y$

План  $2^3$  реалізований у вигляді таблиці 2 дозволяє одержати рівняння  $Y=f(x)$  та окремі коефіцієнти регресії у вигляді:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{23} X_2 X_3 + B_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (1)$$

Коефіцієнти регресії для варіанта продуктивності по сухому продукту, сухому молоку  $\bar{Y} = \bar{\sigma}$  і визначаються в рівнянні (1) по змежностям:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}}{N}; \quad b_n = \frac{\sum_{i=1}^N x_i \cdot y_{iu}}{N}; \quad b_{ie} = \frac{\sum_{i=1}^N \tilde{\sigma}_{iu} \cdot \bar{y}_{eu} \cdot y_u}{N};$$

Коефіцієнт регресії:

$$B_0 = 4,5 + 5,8 + 6,1 + 6,3 + 6,9 + 9,5 + 8,0 + 12,4 = 7,4375;$$

$$B_1 = -4,5 + 5,8 - 6,1 + 6,3 - 6,9 + 9,5 - 8,0 + 12,4 = 1,0625;$$

$$B_2 = -4,5 - 5,8 + 6,1 + 6,3 - 6,9 - 9,5 + 8,0 + 12,4 = 0,7625;$$

$$B_3 = -4,5 - 5,3 - 6,1 - 6,3 + 6,9 + 9,5 + 8,0 + 12,4 = 1,7625;$$

$$B_{12} = 4,5 - 5,3 - 6,1 + 6,3 + 6,9 - 9,5 - 8,0 + 12,4 = 0,15$$

$$B_{13} = 4,5 - 5,3 + 6,1 - 6,3 - 6,9 + 9,5 - 8,0 + 12,4 = 0,75$$

$$B_{23} = 4,5 + 5,8 - 6,9 - 6,3 - 6,9 - 9,5 + 8,0 + 12,4 = 0,2375$$

$$B_{123} = -4,5 + 5,8 + 6,1 - 6,3 + 6,9 - 9,5 - 8,0 + 12,4 = 0,3625$$

Після підстановки значень коефіцієнтів в рівнянні (1) воно прийняло вигляд:

$$Y = 7,4375 + 1,0625x_1 + 0,7625x_2 + 1,7625x_3 + 0,15x_1x_2 + 0,2375x_2x_3 + 0,3625x_1x_2x_3 \quad (2)$$

Для перевірки гіпотези адекватності моделі представлений рівнянням (2) знаходимо дисперсію адекватності:

$$S_{\hat{a}\hat{a}} = \frac{\sum_{j=1}^N (Y_n - \bar{y})^2}{N} \quad (3)$$

де  $Y_n$  – експериментальне значення параметра оптимізації в n-му досліді, яке вираховувалось за рівнянням (3);

f- число ступенів вільності  $f = N - (k+1) = 8 - (3+1) = 4$ .

k- =3 – число факторів, яке дорівнює 3.

Урахуємо досліджені параметри:

$$\frac{N}{\sum_{i=1}^N} (Y_i - \bar{Y})^2 = 0,25 + 0,04 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,25 + 0,01 + 0,16 = 0,74$$

Таблиця 2 – План експериментальних досліджень та реалізація їх по плану  $2^3$

Кодове позначення	x <sub>0</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub> x <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	$\bar{y}$ по сухи м	(Y <sub>1</sub> -Y)	(Y <sub>1</sub> - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	Y <sub>2</sub> - $\bar{Y}$	(y <sub>2</sub> - $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>
Номер дослідд															
1	+	-	-	-	+	+	+	-	4,0	5,0	4,5	-0,5	0,25	+0,5	0,25
2	+	+	-	-	-	-	+	+	5,5	6,0	5,8	-0,2	0,04	+0,2	0,04
3	+	-	+	-	-	+	-	+	6,0	6,6	6,1	-0,1	0,01	+0,1	0,01
4	+	+	+	-	+	-	-	-	6,2	6,4	6,3	-0,1	0,01	+0,1	0,01
5	+	-	-	+	+	-	-	+	6,8	7,0	6,9	-0,1	0,01	+0,1	0,01
6	+	+	-	+	-	+	-	-	9,0	10,0	9,5	-0,5	0,25	+0,5	0,25
7	+	-	+	+	-	-	+	-	7,9	8,1	8,0	-0,1	0,01	+0,1	0,01
8	+	+	+	+	+	+	+	+	12,0	12,8	12,4	-0,9	0,16	+0,4	0,16

$$\frac{N=8}{\sum_{n=1}^N} (Y_n - \bar{Y}_n)^2 = 0,74$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (Y_1 - \bar{Y})^2}{N} = \frac{0,74}{4} = 0,185$$

$$\sigma_{bi} = \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,185}{8}} = 0,152$$

Значення t критерія для різних коефіцієнтів регресії розраховуємо із залежності :

- 1)  $b_0 : t = \frac{7,4375}{0,152} = 48,93;$
- 2)  $b_1 : t = \frac{1,0625}{0,152} = 6,99;$
- 3)  $b_2 : t = \frac{0,7625}{0,152} = 5,016;$
- 4)  $b_3 : t = \frac{1,7625}{0,152} = 11,6;$
- 5)  $b_{12} : t = \frac{0,15}{0,152} = 0,986;$
- 6)  $b_{13} : t = \frac{0,75}{0,152} = 4,93;$

$$7) \quad b_{23} : t = \frac{0,2375}{0,152} = 1,5625 ;$$

$$8) \quad b_{123} = \frac{0,3625}{0,152} = 2,38 ;$$

Табличне значення критерія Стюдента при  $f = 4$  та надійності  $0,95$  складає  $t_0=2,306$ . Виключивши перемінні  $x_1x_2$  та  $x_2x_3$ , отримаємо:

$$y=7,4375+1,0625x_1+0,7625x_2+1,7625x_3+0,75x_1x_3+0,3625x_1x_2x_3 \quad (4)$$

Перевірка на адекватність за критерієм Фішера  $[1, 2, 4, 5]$ .  $F_{кр}[0, 95; 4, 0] = 8,85$

$$F_{\delta} = \frac{\sigma_y^2}{\sigma b_i^2} = \frac{0,235}{0,152} = 1,546; \quad 1,546 < 8,85$$

$$F_p < F_{кр}.$$

Рівняння адекватне.

Для визначення оптимальних умов та досягнення максимальної продуктивності по сухому молоку використаємо метод крутого сходження  $[1, 2, 4, 5]$ .

Таблиця 3 – Круте сходження

Змінні	Витрати теплоносія, м <sup>3</sup> /год	Температура, °C	Кількість обертів, об/хв
Позначення перемінних	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нижній рівень	50	100	100
Верхній рівень	100	120	300
Базовий рівень	75	110	150
Коефіцієнт регресії	1,0625	0,7625	1,7625
Інтервал варіювання	25	10	50
$b_i \Delta t$ Інтервал варіювання по $\Delta x$	26,56	7,025	88,125
Шаг, який відповідає зміні $x_3$ на 100	30,14	8,65	1,135
Округлені ступені крутого сходження	30	10	100

За початок крутого сходження приймаємо дослід з максимальною продуктивністю по сухому молоку.

Таблиця 4 – Реалізація крутого сходження

Дослід . Круте сходження	$X_1=100$ м <sup>3</sup> /год	$X_2=120$ °C	$X_3=200$ об/хв	G г/год
Дослід 1	100	120	300	14
Дослід 2	-	130	400	16
Дослід 3	-	135	600	18
Дослід 4	-	140	600	20
Дослід 5	-	145	700	22
Дослід 6	-	150	800	23
Дослід 7	-	150	900	14
Дослід 8	-	150	1000	25

**Висновки.** В дослідях неможливо було збільшувати витрати повітря вище 100 м<sup>3</sup>/год а температуру вище 150 °C. Максимальне число обертів досягнуто тільки 1000 об/хвилину. Із проведених дослідів було набагато збільшено продуктивність при

наявності доступних факторів. В подальшому для інтенсифікації сушіння молока повинно підвищувати рух частин в шарі інертного матеріалу за рахунок руху повітря та других факторів.

**Список літератури:** 1. *Налимов В. В., Чернован Н. А.* Статические методы планирования экстремальных экспериментов.-М: Наука, 1965.-340с. 2. *Спиридонов А. А.* Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. - 134г. 3. *Сабадаш С. М., Якуба О. Р., Касянчук В. В.* Дослідження процесу сушіння молока в сушарках із псевдозрідженим шаром. Вісник СНАУ, вип. 3(19), 2008-с.111-114. 4. *Адлер Ю. П., Марков Є. В., Грановский Ю. В.* Планирование эксперименте при поиске оптимальных условий.-М.: Наука, 1926.-279с. 5. *Харман К., Лецкий Э., Шефер В.* Планирование экспериментов. - М.: Мир, 1977.-с. 552.

*Надійшла до редакції 01.05.2013 р.*

---

УДК 631.365

**Вплив вхідних параметрів на процес сушіння молока/ Казаков Д. Д., Якуба О. Р., Сабадаш С. М.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 26 (999). – С.150-154 . – Бібліогр.: 5 назв.

В работе рассмотрено влияние входных параметров: расходов воздуха, температуры, и число оборотов мешалки на процесс сушения. Для определения влияния входных параметров был использован метод статистического планирования эксперимента. Из проведенных опытов была намного увеличена производительность при наличии доступных факторов. В дальнейшем для интенсификации сушения молока должны повышать движение частей в слое инертного материала за счет движения воздуха и вторых факторов.

**Ключевые слова:** входные параметры, процесс сушки, затраты воздуха, температура, число оборотов мешалки.

Influence of entry parameters is in-process considered: charges of air, temperature, and number of turns of mixer on the process of drying. For determination of influence of entry parameters there was the used method of the statistical planning of eksperementu. From the conducted experiments the productivity was far megascopic at presence of accessible factors. In future for intensification of drying of milk it must promote motion of parts in the layer of inert material due to motion of air and second factors.

**Keywords:** entry parameters, process of drying, expense of air, temperature, number of turns of mixer.